

# CONSIDERAZIONI SUI SISTEMI DI MISURA ADOTTATI SUI MONO E STEREO COMPARATORI

Dr. Ing. BRUNO ASTORI

*Comunicazione presentata al X Convegno nazionale SIFET  
Varese, aprile 1965*

Volendo dare una definizione degli stereocomparatori, potremo dire che sono strumenti che servono esclusivamente a misurare e registrare le coordinate cartesiane ortogonali di lastra, per mezzo dell'osservazione stereoscopica del punto collimato. Anche se per ragioni ben note, risiedenti quasi esclusivamente nel limite ancora relativamente basso dell'attendibilità delle informazioni date dai fotogrammi, sarebbe sufficiente che gli stereocomparatori misurassero le coordinate dei vari punti di concatenamento di una strisciata, con lettura diretta di 2 o 3  $\mu$ , ed uno s.q.m. di 5  $\mu$ , tutti i costruttori hanno spinto la precisione delle proprie apparecchiature fino alla lettura diretta del micron, con uno s.q.m. non superiore ai 2  $\mu$ .

Se si pensa, per esempio, alla scarsa precisione con cui è possibile collimare, con una marca di riferimento di circa 0,025 mm i tratti dei repères di una diapositiva aventi uno spessore di circa 0,08 mm, o all'irregolarità con cui si deforma il supporto di una pellicola, o alle variazioni che subiscono, in volo, le caratteristiche ottiche e geometriche di un obiettivo da presa, ben si comprende come sia esuberante, rispetto alle attuali pratiche necessità, la precisione data dagli strumenti atti alla triangolazione analitica.

Ciò nonostante, anche in attesa dei sicuri miglioramenti che verranno apportati al materiale fotografico e a tutta l'attrezzatura di presa, è logico e necessario il processo di affinamento, sia riguardo alla precisione, sia e soprattutto, alla stabilità, che hanno subito gli stereocomparatori.

È evidente la delicatezza e l'impegno costruttivo necessario per poter raggiungere tale precisione; dobbiamo pensare che si traslano organi di discrete dimensioni e peso su un piano avente dimensioni di circa 250 mm x 250 mm.

I sistemi usati per la misura delle coordinate di lastra si possono sostanzialmente distinguere in tre gruppi: in effetti la stessa distinzione suddivise concettualmente e costruttivamente gli stereocomparatori.

La misura può essere effettuata per mezzo dello stesso organo che genera lo spostamento dei carrelli; in tal caso la lettura è affetta dagli errori dovuti alle imperfezioni meccaniche della vite e dell'accoppiamento vite-chiocciola, all'usura delle stesse, alle variazioni della temperatura ambiente. Tale sistema, però, possiede il notevole vantaggio di una grande sensibilità ed è possibile applicare qualsiasi metodo di misura con registrazione automatica; possono essere applicati, infatti, sistemi di registrazione elettro-meccanici a codice, oppure i moderni sistemi elettronici a codice o a contatore.

La misura, in alternativa, può essere resa indipendente dalla vite di trascinamento; lo spostamento viene perciò letto direttamente su scale graduate fisse, affiancate a testine di lettura aventi la risoluzione del micron, rese solidali ai carrelli dei coordinatometri.

Questo secondo sistema è forse preferibile dal punto di vista teorico; si incontrano però grandissime difficoltà nella messa a punto delle scale stesse con le testine di lettura, oltre al fatto che un eccessivo costo, almeno per ora, grava su tutta l'apparecchiatura di registrazione.

Il terzo sistema per misurare le coordinate di lastra è, in un certo senso, una combinazione dei due sopra descritti. La misura si esegue con l'ausilio di particolari reticoli montati sul carrello del coordinatometro. Essa avviene collimando i tratti del reticolo di fede in modo da avere direttamente le unità — centimetro — o — due centimetri — e affidando ad una vite micrometrica la misura della frazione dell'unità. Logicamente tale vite fa traslare il reticolo rispetto alla diapositiva o viceversa, in modo da poter eseguire il puntamento.

In questo terzo caso, al vantaggio di avere la sola misura della frazione d'unità affetta dall'errore dipendente da un organo meccanico, si contrappone lo svantaggio d'averne un doppio errore da parte dell'operatore e cioè l'errore di collimazione del particolare preso in esame, più l'errore di puntamento sul reticolo di riferimento. La registrazione, inoltre, è difficoltosa in quanto è necessario sommare una lunghezza (unità di reticolo) con un dato ricavato dalla rotazione della vite micrometrica.

Sia il primo che il secondo sistema sono stati lungamente sperimentati dalla O.M.I. sulle diverse serie dei propri stereocomparatori; considerando solamente le realizzazioni più recenti, il sistema di misura attraverso l'organo di spostamento è stato adottato sugli strumenti del mod. TA3 (1956), TA3/A (1962), TA3/D (1963), mentre il sistema a misura diretta a mezzo di scala graduata è stato adottato sugli strumenti del modello RIC (1962).

Attualmente è in fase di avanzato studio, in collaborazione con il Consiglio delle Ricerche del Canada, la progettazione di un mono-comparatore che, concettualmente, appartiene al terzo sistema. La novità consiste, però, nella sostituzione del normale reticolo di riferimento, avente i tratti continui e normali fra di loro ogni centimetro o due centimetri, con una particolare lastra di vetro ottico.

Su tale lastra verranno depositate tante marche di riferimento, aventi un diametro di  $30 \mu$  quanti sono i crocicchi d'un ideale reticolato avente le maglie di due centimetri.

Logicamente questo particolare reticolo dovrà essere rigorosamente tarato e l'errore medio di posizionamento dei cerchiolini non dovrà superare i due micron.

L'operatore, stabilito il particolare che dovrà collimare, sposterà la lastra di riferimento con le viti micrometriche, rispettivamente in  $x$  e  $y$ , in modo da collimare il punto in questione con la marca più prossima, appartenente alla lastra stessa.

Si verrà così ad eliminare il doppio errore di collimazione e puntamento, proprio dei comparatori appartenenti a quello che abbiamo chiamato terzo sistema di misura. Necessariamente, il problema maggiore è quello della costruzione dello speciale reticolo sopra descritto, con le tolleranze prima accennate.

Nella nuova serie di stereocomparatori mod. TA3/P e nei monocomparatori mod. TA1/P, di presente costruzione, si è scelto il sistema di misura attraverso l'organo che genera lo spostamento, cioè attraverso la vite.

Questa scelta dipende oltre che da considerazioni d'ordine economico, atte

a rendere il costo degli strumenti competitivo sul mercato internazionale, anche dal tipo di attrezzatura d'officina di cui la ditta è fornita e soprattutto dall'adozione sui mono e stereocomparatori dello stesso sistema cinematico usato sugli Analytical Plotters.

Nella fig. 1 è riportato uno dei tre coordinatometri formanti lo stereocomparatore; un gruppo assolutamente identico costituisce il coordinatometro del monocomparatore. Lo scorrimento secondo una coordinata è affidato al carrello portante

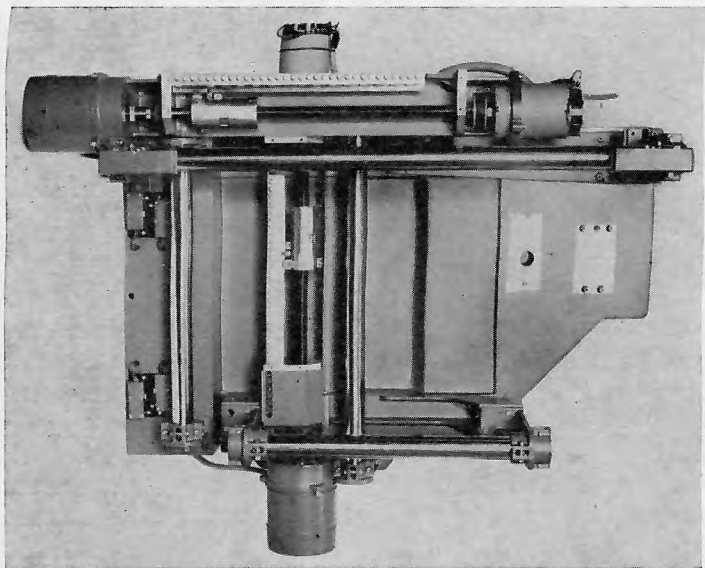


Fig. 1.

l'ottica mobile; lo scorrimento secondo l'altra coordinata è affidato al carrello portalastra. È interessante far notare che il peso del primo carrello (compreso di tutte le ottiche e dell'illuminatore) è di 2,4 kg. mentre il secondo carrello (compreso del vetro portalastra) pesa 2,7 kg.

La sollecitazione che ciascuna delle due chioccioline subisce, durante il trascinarsi, è quindi decisamente piccola. Le sole varianti sostanziali apportate rispetto agli Analytical Plotters sono: eliminazione delle scatole d'ingranaggi che collegano i generatori d'impulsi alle viti di misura e adozione del correttore di vite, già sperimentato con buoni risultati sulle precedenti serie di stereocomparatori.

Come si vede nella Fig. 1 l'asse del generatore d'impulsi è collegato direttamente all'asse della vite; si scongiura così qualsiasi pericolo di giochi nei cinematici di trasmissione. Dato che il passo della vite di misura è di 1 mm, il disco del generatore di impulsi è necessariamente suddiviso in 2000 tratti, alternativamente trasparenti e opachi, per poter avere la lettura diretta del micron.

Il correttore di vite esplica la doppia funzione di annullare l'influenza degli errori accidentali della filettatura e di rendere le due o sei viti, a seconda che si

tratti di mono o stereocomparatori, rigorosamente uguali fra di loro in lunghezza, con la tolleranza di uno o due micron.

Grazie, quindi, alle masse relativamente modeste, che devono essere trascinate ed al correttore di vite, si vengono a superare facilmente le principali cause di errore che sono proprie al tipo di comparatore che affida la precisione della misura alla vite di trascinamento.

Nella fig. 2 si ha una visione d'insieme di un coordinatometro dello stereocomparatore TA3/P, con carrelli ed ottica montati.

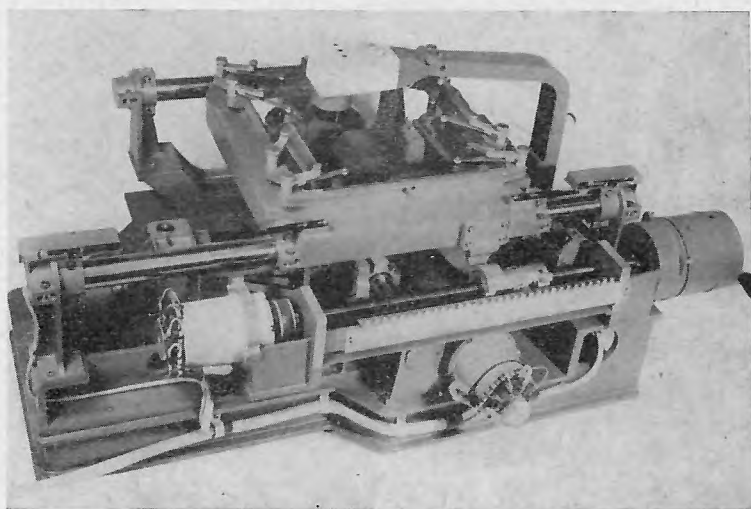


Fig. 2.

È necessario, però, notare che l'organo fondamentale a cui è affidata la precisione e soprattutto la stabilità dello strumento, rimane sempre la vite; è evidente, quindi, la cura che deve essere posta nella costruzione e nel collaudo della vite di misura e dell'accoppiamento cinematico vite-chiocciola.

Il primo problema fondamentale è quello della costruzione della vite. Tutte le viti degli Analytical Plotters, degli stereocomparatori e dei monocomparatori sono uguali. La lunghezza totale della filettatura è di 355 mm, il diametro esterno è di 15,7 mm, il passo 1 mm. Sul passo medio della filettatura, l'errore accidentale non deve superare i tre micron e la tolleranza in lunghezza è di  $\pm 0,03$  mm. La vite è ricavata da un tubo di acciaio inossidabile, rettificato, tagliato a misura e viene lavorata a un tornio Schärer, di altissima precisione. La macchina utensile è posta su un basamento indipendente e in un locale ad aria condizionata. L'interno del tubo è rettificato, ai due estremi, per una profondità di 50 mm, in modo da poterlo sostenere per mezzo di due perni spinati, di cui uno è fissato al mandrino e l'altro alla contropunta. Dalla parte della contropunta il perno non è vincolato assialmente, ma ruota in una boccia; si ha quindi la possibilità di una dilatazione termica. La zona ove lavora l'utensile è sopportata, infine, da una doppia boccia.

Particolare cura viene seguita perché il materiale non aumenti di temperatura. Eseguita a più riprese la sbazzatura, la finitura viene fatta quando si è ben certi che sia il materiale sia il tornio siano a temperatura ambiente. La vite viene poi lappata con ossido di cromo, con un lappatore di 70 mm e viene quindi eseguito l'accoppiamento con la chiocciola. Si inizia quindi un rodaggio di alcune ore a metà del quale la vite viene lubrificata con bisolfuro di molibdeno. L'uso di questo lubrificante solido riduce notevolmente l'usura fra chiocciola e vite, oltre a dare una scorrevolezza uniforme e costante nel tempo all'accoppiamento cinematico.

Vite e chiocciola sono numerate con lo stesso numero e rimangono così accoppiate.

Il secondo problema, quello relativo al collaudo, è stato risolto costruendo un banco prova; le viti, montate su tale attrezzatura, si trovano a lavorare nelle stesse condizioni di sollecitazione che hanno sullo strumento e si ha, quindi, la possibilità di collaudare proprio l'accoppiamento cinematico vite-chiocciola.

Come si vede nella fig. 3, la vite viene montata su due contropunte rotanti di alta precisione. È possibile spostare la vite lungo il proprio asse per circa 6 mm.

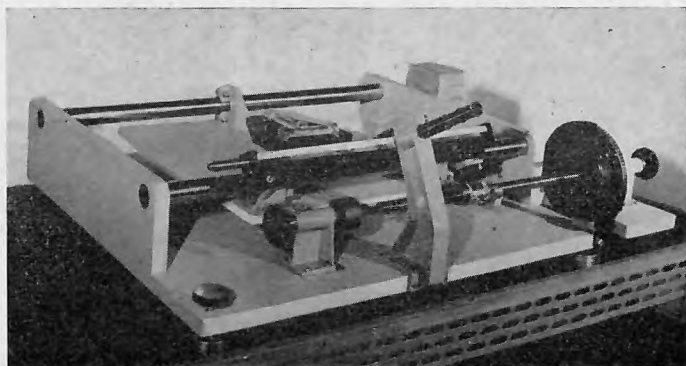


Fig. 3.

Alla fusione generale sono fissati sia i supporti delle contropunte, sia il supporto del microscopio di lettura e dell'illuminatore, sia i supporti dei due tubi. Un carrello, il cui peso eguaglia quello del carrello portafotogrammi, scorre a mezzo di cuscinetti sui tubi di guida e di appoggio. A tale carrello viene vincolata, per mezzo di due nastri, la chiocciola. Il carrello sopporta una riga in vetro ottico, rigorosamente tarata, su cui è inciso al diamante, ogni 10 mm, un tratto di riferimento. La montatura della riga è rettificabile in modo da poterla disporre parallela all'asse della vite. Due livelle a croce, aventi la sensibilità di 4", sono poste sul carrello in modo da poter costantemente controllare che la traslazione avvenga senza componenti di rotazione. Un tamburo graduato, con lettura diretta dei 2  $\mu$ , viene fissato sul gambo iniziale della vite; la rotazione della vite viene eseguita a mano, girando il tamburo sopraddetto.

Come si vede nella fig. 4, ruotando la vite la chiocciola trascina il carrello e quindi la riga di lettura. Ogni vite viene così collaudata con la propria chiocciola ed

in caso che le letture siano fuori tolleranza entrambi gli organi vengono scartati.

Il banco prova ora descritto, si trova in una stanza condizionata, sia alla temperatura che alla umidità.

Fra tutte le viti costruite per gli Analytical Plotters è stata scelta una vite campione, la quale serve da riferimento per tutte le serie di letture che vengono ese-

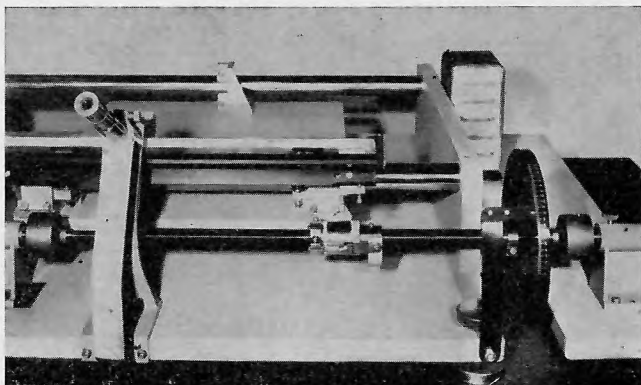


Fig. 4.

guite. La vite è stata scelta a caso ed è stata riletta molte decine di volte per controllare la stabilità dell'apparecchiatura; non aveva nessuna importanza, per questo scopo, la precisione intrinseca della vite, ma interessava stabilire se le irregolarità riscontrate rimanessero costanti nel tempo.

La parte di vite letta e di riga utilizzata sono sempre state, logicamente, le stesse. La lettura viene eseguita in andata e ritorno.

L'apparecchiatura si è dimostrata molto stabile, in quanto i massimi scarti, fra le varie letture della vite campione sempre negli stessi punti, non hanno mai superato i  $3 \mu$ , mentre lo s.q.m. è inferiore al micron.

Prima di iniziare il collaudo di una serie di viti, si rilegge la vite campione, per controllare la stabilità del banco prova; si ha così la possibilità di accertarsi che tutte le serie di misure siano confrontabili fra loro.

A collaudo eseguito si rilegge la vite campione per assicurarsi che durante il lavoro non ci siano state delle variazioni. Ciascuna vite viene riletta due volte, a distanza di tempo, prima di essere accettata al collaudo; se l'errore accidentale, nell'accoppiamento vite-chiocciola superasse i  $5 \mu$ , nell'intervallo di 10 millimetri, la vite con relativa chiocciola vengono scartate.

Per ciascuna vite viene redatto un certificato di collaudo ove sono riportati, in due grafici, gli scarti dalle medie delle letture eseguite. Logicamente, su tali grafici, viene apportata la correzione di taratura della riga di riferimento.

Montate quindi le viti sugli stereo e mono-comparatori, gli errori accidentali vengono corretti, all'atto del collaudo complessivo di tutta l'apparecchiatura, per mezzo del correttore di vite. Con lo stesso organo si corregge, come si è detto, anche l'errore sistematico di lunghezza.